

# 高效液相色谱法测定复合营养素补充剂中叶酸含量

陆伟<sup>1,2</sup>, 王俊<sup>1,2</sup>, 靳利军<sup>1</sup>, 熊菲菲<sup>3</sup>, 晏永球<sup>3</sup>, 贾福怀<sup>1,2</sup>

(1.宁波御坊堂生物科技有限公司, 宁波 315012; 2.御坊堂天然健康产品重点农业企业研究院, 宁波 315012; 3.宁波御益生物科技有限公司, 宁波 315012)

**摘要:** 通过建立一种提取效率高、耐复杂基质干扰能力强的样品前处理方式结合高效液相色谱紫外 (High performance liquid chromatography-ultraviolet, HPLC-UV) 检测方法, 解决复合营养素补充剂中叶酸的准确定量检测难题。以多种维生素矿物质片为特征样品, 首次采用弱碱性饱和乙二胺四乙酸二钠盐 (EDTA) 溶液为样品提取液并结合操作简便的超声提取前处理方法, 高效提取供试品中的叶酸成分并有效屏蔽基质因素干扰, 最终使用 HPLC 分离高灵敏检测。叶酸在浓度范围 0.9912-49.5615  $\mu\text{g/mL}$  内保持良好线性关系 ( $r^2=0.9999$ ); 加标回收率达 99.08%; 平行试验结果 RSD=1.01% ( $n=6$ ); 方法定量限 LOQ=0.15  $\mu\text{g/mL}$ 。改进后的分析方法通过系统的方法学验证后发现能够针对多种维生素矿物质片中的叶酸进行准确定量, 并成功应用于市面上多种剂型叶酸类保健食品的实际检测中, 结果均与产品标示量保持一致。本方法简便易操作、提取效率高、抗基质干扰能力强、应用范围广, 适用于多种维生素矿物质片中的叶酸含量测定, 并为复合营养素补充剂类保健食品中叶酸检测提供了一条新的途径。

**关键词:** 叶酸; 多种维生素矿物质片; 复合营养素补充剂; 保健食品

## Determination of folic acid in complex nutrients supplementation by high performance liquid chromatography

Lu Wei<sup>1,2\*</sup>, Wang Jun<sup>1,2</sup>, Jin Lijun<sup>1</sup>, Xiong Feifei<sup>3</sup>, Yan Yongqiu<sup>3</sup>, Jia Fuhuai<sup>1,2</sup>

(1. Ningbo Yufangtang Biological Technology Co., Ltd, Ningbo 315012, China; 2. Yufangtang Natural Health Products Key Agricultural Enterprise Research Institute, Ningbo 315012, China; 3. Ningbo Yuyi Biological Technology Co., Ltd, Ningbo 315012, China)

**Abstract:** To establish a high effect and strong anti-jamming ability analysis method for determination of folic acid in complex nutrients supplementation by high performance liquid chromatography-ultraviolet (HPLC-UV). Using vitamins and minerals tablets as the representative

sample. Folic acid was extracted by alkaline saturated ethylenediamine tetraacetic acid disodium salt (EDTA) extraction solution for the first time with ultrasonic extraction pretreatment method, and it was also protected well at the same time. The extracting solution was detected by HPLC. The assay was validated in the concentration range of 0.9912~49.5615  $\mu\text{g/mL}$  ( $r^2=0.9999$ ). The average recovery was 99.08 %. The results of parallel experiments  $\text{RSD}=1.01\%$  ( $n=6$ ). Method limit of quantification  $\text{LOQ}=0.15\ \mu\text{g/mL}$ . After the systematic validation, the improved method has been successfully applied to detect folic acid in compound vitamins and minerals tablets and complex matrix functional food. The new method is easy to operate, with high extraction efficiency and strong anti-jamming ability, and can be used for determination of folic acid in compound vitamins and minerals tablets and many other complex matrix functional food. It also provides a new approach for determination of folic acid in functional food-complex nutrients supplementation.

**Keywords:** Folic acid; Compound vitamins and minerals tablets; Complex nutrients supplementation; Functional food

## 1 引言

营养素补充剂是人们除了从膳食中摄取营养素之外的一大重要途径,在防治营养缺乏病、促进机体健康等方面具有重要作用,市面上不同剂型的营养素补充剂的使用也是日趋广泛。大量文献报告营养素补充剂的补充和人体很多相关慢性疾病具有紧密的联系<sup>[1-2]</sup>。叶酸作为一种重要的B族维生素,尤其在孕期妇女人群中食用相当普遍,其很可能降低新生儿低出生体重、降低妊娠期高血压等疾病的发生风险<sup>[3-5]</sup>。然而叶酸在普通膳食中含量较低,且烹饪过程容易导致其不稳定降解,由此市面上叶酸类营养素补充剂应运而生<sup>[6-9]</sup>。

近年来针对叶酸含量灵敏检测的研究报道逐渐增多,但主要集中在新型高灵敏检测仪器的使用和创新<sup>[10-13]</sup>以及微生物检测方法的优化<sup>[14-20]</sup>。针对复杂基质样品中的叶酸高效率提取及强抗干扰样品前处理方法的研究鲜有报道。大多数保健食品申报中的叶酸含量检测方法均采用《中国药典》或GB 5009.211《食品安全国家标准 食品中叶酸的测定》的方法,其各有弊端:药典方法抗干扰能力较差,叶酸易受基质中的氧化还原物质影响而出现检测结果严重偏低的情况;而国标方法为了将天然食品中多种衍生形式的叶酸总含量进行测定,采取微生物培养检测方法,基于市面上几乎所有保健食品、药品中的叶酸均以单一形式进行原料添

加, 国标方法检测时间很长, 检测效率明显不足。本团队在《中国药典》的基础上针对样品前处理方法进行改进<sup>[21]</sup>, 采用涡旋振荡的前处理方法替代药典中的溶剂热提取, 成功应用于保健食品铁叶酸片中的叶酸含量测定。然而, 针对基质更加复杂的复合营养素补充剂, 尤其是含有各类不同价态金属元素以及多种不同氧化还原性质维生素类的保健食品, 该方法仍有较大的改进空间, 因此本研究以多种维生素矿物质片为代表样品, 旨在寻求一种简单、可靠的分析方法, 充分消除各类基质干扰, 提高叶酸提取效率, 为复杂基质的复合营养素补充剂中叶酸的含量测定提供新的解决方案。

## 2 材料与amp;方法

### 2.1 材料和试剂

甲醇(色谱纯, 美国 TEDIA 公司); 磷酸二氢钾、四丁基氢氧化铵、磷酸、氨水、无水碳酸钠、乙二胺四乙酸二钠·二水(EDTA)(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 水(超纯水, 电阻率 $\geq 18.2 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$ ); 叶酸对照品(中国食品药品检定研究院, CAS: 59-30-3, 含量: 以叶酸计 89.3%)。两款多种维生素矿物质片(批号: 20200704, 20200705, 20200706; 20200801, 20200802, 20200803, 均含有 14 种不同的营养素补充剂)、铁叶酸片(批号: 20220101)、叶酸片(批号: 20220101)(四款产品均产自宁波御坊堂生物科技有限公司); 6 款复合维生素片、叶酸片、铁叶酸牌片、多种维生素矿物质营养包(粉剂)、全营养素冲剂、维生素营养补充颗粒(均为京东网商市场购买)。

### 2.2 仪器与设备

Agilent 1260 HPLC 高效液相色谱仪(附紫外检测器, 美国 Agilent 公司); FE 20 型 pH 计、ME 204/02 分析天平(瑞士梅特勒-托利多公司); SBL-10DT 超声波恒温清洗机(宁波新芝生物科技有限公司); GWB-1 超纯水机(北京普析通用仪器有限公司); HH-4 水浴锅(常州国华电器有限公司); XH-C 型旋涡混合器(常州朗越仪器制造有限公司)。

### 2.3 实验方法

#### 2.3.1 溶液配制

0.1 mol/L 碳酸钠溶液: 称取 5.3 g 碳酸钠, 用 0.5 L 水稀释溶解;

2 mol/L 碳酸钠溶液: 称取 106 g 碳酸钠, 用 0.5 L 水稀释溶解;

饱和乙二胺四乙酸二钠盐溶液: 称取 120 g 乙二胺四乙酸二钠盐于 1 L 烧杯中, 加水 1 L, 搅拌并超声溶解 1 h。

供试品提取液: 饱和乙二胺四乙酸二钠盐溶液 + 2 mol/L 碳酸钠溶液 = 80 + 25, pH $\approx$ 9。

流动相（磷酸盐缓冲液（pH 5.0））：称取 2.0 g 磷酸二氢钾，加入 650 mL 水溶解，加 15 mL 的 0.5 mol/L 四丁基氢氧化铵的甲醇溶液、7 mL 的 1.0 mol/L 磷酸溶液和 270 mL 的甲醇，混合均匀，用 1.0 mol/L 磷酸溶液调节 pH 至 5.0，用水稀释至 1 L，超声过滤备用。

### 2.3.2 色谱条件

色谱柱：Waters Xselect HSS T3，4.6\*150 mm，3.5  $\mu$ m；检测波长：280 nm；进样体积：10  $\mu$ L；流速：1.2 mL/min；柱温：35  $^{\circ}$ C；运行时间：20 min；流动相：磷酸盐缓冲液（pH 5.0）；等度洗脱；

### 2.3.3 对照品溶液配制

对照品储备溶液：精密称取 12 mg 叶酸对照品，用 0.1 mol/L 的碳酸钠溶液超声溶解并定容至 100 mL，4  $^{\circ}$ C 避光保存；

对照品工作溶液：准确移取 1 mL 叶酸对照品储备溶液，至于置于 10 mL 棕色容量瓶中，用 0.1 mol/L 的碳酸钠溶液稀释定容，摇匀。

### 2.3.4 供试品前处理

随机抽取 20 粒以上多种维生素矿物质片（批号：20200704）研磨成粉，精密称取 0.5 g（精确至 0.001 g）于 25 mL 棕色容量瓶中，加入 20 mL 供试品提取液，摇匀（其他产品根据叶酸实际添加量，配制成最终叶酸浓度为 10  $\mu$ g/mL 左右即可）。超声提取 10 min（超声功率 80 w；水浴温度恒温 20  $^{\circ}$ C），期间摇动容量瓶 2 次，使供试品中的叶酸能够充分被提取。取出待冷却后，用提取液定容至刻度，摇匀。静置 3 min 后，取上清液过 0.45  $\mu$ m 水相滤膜，备用。

### 2.3.5 仪器测定

分别将对照品工作溶液和供试品溶液 10  $\mu$ L 注入高效液相色谱仪中进行测定，用保留时间定性，色谱峰峰面积定量。考虑到叶酸的光降解性，本方法前处理及检测过程应尽量避光。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同检测方法的对比与讨论

GB 5009.211《食品安全国家标准 食品中叶酸的测定》规定了鼠李糖乳杆菌培养后测定试样液透光率值的方法进行叶酸测定，检测周期长，仅恒温培养时间就达 20-24 h，该方法更适用于天然食品中的多种形态叶酸总量测定；GB 15570《食品安全国家标准 食品添加剂叶酸》及《中国药典》二部 叶酸片项下均采用 0.5 %氨水溶液提取，但将其应用至复合营养素补充剂时，检测结果仅为理论添加量的 30~50 %，究其原因因为复杂基质的干扰：很多矿

物质元素在该体系环境下具有一定的氧化还原性。采用本团队之前报道的方法进行检测<sup>[21]</sup>, 结果为理论添加量的 70 % 左右, 未达到完全屏蔽基质干扰的要求; 基于上述痛点, 本文通过优化供试品提取液种类及浓度进行方法开发, 增强其抗干扰能力, 同时结合超声提取的前处理方式进一步提高提取效率, 并结合《中国药典》四部通则 9101 分析方法验证指导原则进行方法学验证。

### 3.2 提取液选择及浓度优化

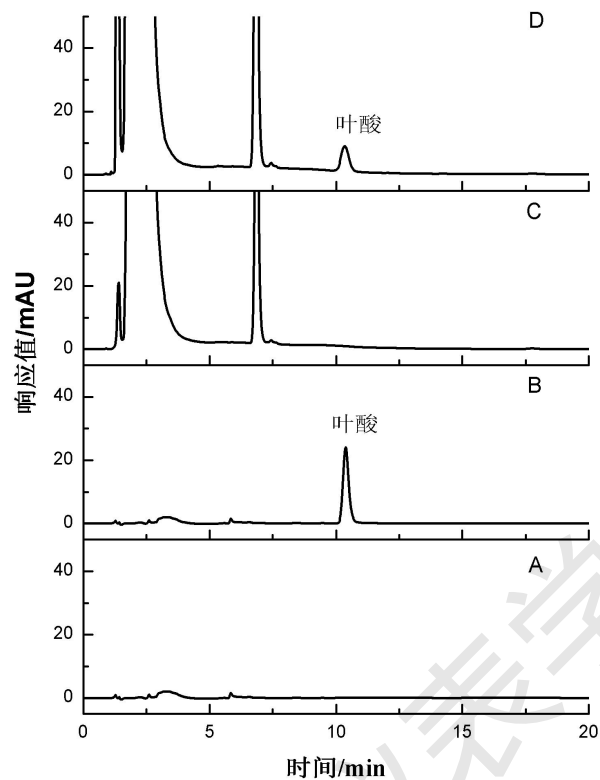
介于叶酸理化特性, 其在水、乙醇、丙酮等溶剂中不溶, 在弱碱性氢氧化钠试液或 10 % 碳酸钠溶液中易溶。因此可将供试品提取液设计为弱碱性的水溶液可明显提高叶酸的提取效率; 同时, 为有效屏蔽维生素矿物质等其他营养素基质的干扰, 参考本团队之前的研究经验<sup>[22]</sup>, 可以采用 EDTA 进行屏蔽干扰且不会影响分析定量结果。针对不同 EDTA 浓度进行优化, 结果发现随着 EDTA 的浓度增加, 提取液抗干扰能力也逐步增加, 叶酸的含量检测结果也相应增大, 直至和理论添加量相符, 且过量的 EDTA 浓度也不会对叶酸检测结果造成负面影响, 为了使方法具有最大的通用性, 最终首次采用饱和 EDTA 的碳酸钠水溶液 (pH  $\approx$ 9) 为供试品提取液。

### 3.3 色谱柱的选择

叶酸化学结构具有氨基、羧基等强极性亲水基团, 通过对比不同色谱柱: 不同填料基团 (C<sub>8</sub>、C<sub>18</sub>、氨基柱、苯基柱), 不同填料粒径 (3.5  $\mu$ m、5  $\mu$ m), 以及不同色谱柱柱长 (100 mm, 150 mm, 250 mm) 等条件, 以达到满足叶酸色谱峰与杂质峰具有良好分离度、色谱峰型, 便于定量分析; 又能满足尽量短的分析时间, 得到最佳的检测效率。实验结果评估选择小粒径、适合极性化合物分离的 HSS T3, 4.6\*150 mm, 3.5  $\mu$ m 色谱柱。

### 3.4 专属性考察

针对试剂空白 (供试品提取液)、辅料空白 (未添加叶酸的空白基质多种维生素矿物质片)、叶酸对照品溶液、供试品溶液 (多种维生素矿物质片) 进行同时分析检测, 图 1 结果发现试剂空白和辅料空白在叶酸出峰位置处没有紫外吸收, 同时也没有相关杂质的干扰; 叶酸对照品溶液和供试品溶液叶酸出峰位置保留时间完全一致, 供试品溶液中的叶酸峰 DAD 纯度分析结果良好, 未发现明显杂质包裹干扰情况。色谱峰理论塔板数 > 5000, 色谱峰峰型良好, 拖尾因子 1.01, 主峰和前后的杂质峰分离度分别为 6.68 和 11.65, 满足色谱定量要求, 证明本方法专属性良好。



(A: 试剂空白谱图; B: 叶酸对照品溶液谱图; C: 辅料空白谱图; D: 供试品溶液谱图)

(A: The chromatogram of reagents blank; B: The chromatogram of Folic acid standard;  
C: The chromatogram of excipients blank; D: The chromatogram of sample solution)

图1 方法专属性考察谱图

Fig.1 The chromatograms of method specificity

### 3.5 线性考察

通过配制 0.9912、1.9825、4.9562、9.9123、19.8246、49.5615  $\mu\text{g/mL}$  一系列不同浓度的叶酸对照品溶液进行测定，以主峰峰面积为纵坐标，叶酸对照品溶液浓度为横坐标，进行线性回归分析，结果得到叶酸对照品在浓度范围 0.9912-49.5615  $\mu\text{g/mL}$  范围内线性关系良好，线性回归方程： $Y=39.1 \cdot X+2.3017$ ，相关系数  $r^2=0.9999$ 。线性标准曲线见图 2 所示。

通过空白基质中加入一定量叶酸对照品，按方法进行全过程检测，用信噪比法 ( $S/N$ ) 以  $S/N=10:1$  和  $S/N=3:1$  所对应的叶酸浓度测定方法的定量限和检出限。实验结果：当叶酸浓度为 0.15  $\mu\text{g/mL}$  时，叶酸主峰信噪比  $S/N=17.5 > 10$ ，满足定量限要求；同时浓度为 0.10  $\mu\text{g/mL}$  时，叶酸主峰信噪比  $S/N=4.9 > 3$ ，满足检出限要求，远远满足各保健食品中叶酸的含量检测要求。

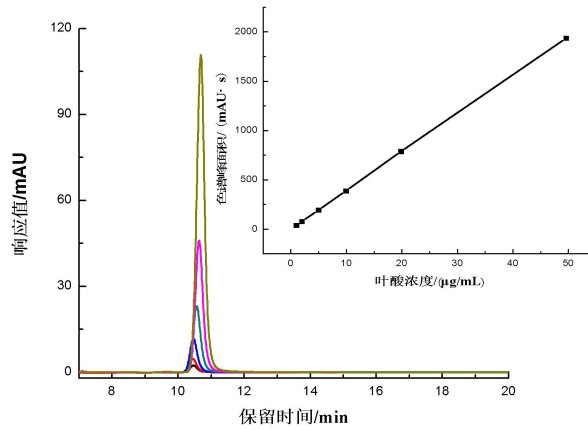


图2 线性标准曲线

Fig.2 The linear standard curve

### 3.6 精密度考察

#### 3.6.1 仪器精密度考察

取同一个对照品溶液和供试品溶液（叶酸浓度：10 µg/mL）进行重复进样，考察仪器精密度。所得结果，6针对照品溶液重复进样色谱峰面积的RSD=0.50%；6针供试品溶液色谱峰面积RSD=0.82%，满足要求。

#### 3.6.2 重复性考察

取同一批次的多种维生素矿物质片，按方法重复平行实验测定6次，分别计算供试品中的叶酸含量，考察方法的重复性。实验结果6次测定结果的RSD=1.01%，符合要求。

#### 3.6.3 中间精密度考察

取3批次供试品，同个实验室两位实验人员，在不同测试时间及不同液相仪器上进行含量测定，考察方法的中间精密度。6组测试结果的RSD=1.84%，证明方法中间精密度良好。

### 3.7 准确度考察

在实际供试品多种维生素矿物质片中分别加入低、中、高不同梯度浓度的对照品，平行进行样品前处理及液相检测过程，计算方法加标回收率。具体数据见表1。平均回收率达99.08%，9次平行加标试验的RSD为3.02%，证明方法准确度良好。

表 1 加标回收率结果

Table1 The results of Spiked recovery rate

序号	称样量/g	供试品叶酸 原有量/ $\mu\text{g}$	对照品加入 量/ $\mu\text{g}$	测定结果 / $\mu\text{g}$	回收率 /%	平均 回收 率/%	RSD /%
1	0.5070	112.9533		207.5252	95.41		
2	0.5025	111.9507	99.1230	214.9431	103.90		
3	0.5043	112.3517		214.0874	102.64		
4	0.5061	112.7528		226.3851	95.53		
5	0.5075	113.0647	118.9476	231.8672	99.88	99.08	3.02
6	0.5079	113.1538		234.5931	102.09		
7	0.5071	112.9755		248.9366	97.97		
8	0.5021	111.8616	138.7722	246.9465	97.34		
9	0.5082	113.2206		247.8095	96.99		

### 3.8 提取液稳定性考察

为了确保检测的准确性，验证供试品提取溶液在一定时间内叶酸含量的稳定性。通过连续测定（0、4、6、8、10、12 h）在室温、避光条件下放置的供试品溶液中叶酸色谱峰面积，进行溶液稳定性考察。结果发现叶酸色谱峰面积在 0~8 h 内基本保持恒定，随后逐渐下降，12 h 后约下降 4% 左右。由此可见，采用本文开发的分析方法样品提取溶液稳定性较好，在 8 h 内进入色谱仪器进行检测将不影响其准确定量，适合大批量样品的同时前处理及分析检测。

### 3.9 耐用性考察

通过小范围内改变色谱条件参数，考察本方法的耐用性。结果发现在流速 $\pm 0.05$  mL/min 以及柱温变动 $\pm 5$  °C 的条件下，供试品溶液中的叶酸主峰峰型保持良好，理论塔板数仍在 5000 以上，且与周围杂质峰满足基线分离要求，可以进行定量分析。

### 3.10 重现性考察

通过比对本实验室与某第三方检测机构同时按照本文方法，针对两款多种维生素矿物质片 6 批次供试品进行检测，评估方法在不同实验室间的重现性。比对数据结果如表 2 所示。测试结果保持一致无明显差异，且均与产品理论配方添加量相符，方法重现性良好。



表 2 不同实验室间数据比对

Table3 Data comparison between different Laboratories by samples

供试品及批次  (规格 800 mg/片)	多种维生素矿物质片-1 批号			多种维生素矿物质片-2 批号		
	20200704	20200705	20200706	20200801	20200802	20200803
御坊堂检测数据 ( $\mu\text{g}/\text{片}$ )	178.23	179.65	180.01	199.89	201.05	198.25
第三方检测机构 检测数据 ( $\mu\text{g}/\text{片}$ )	175.56	178.79	177.66	196.82	198.65	196.55
绝对差值 ( $\mu\text{g}/\text{片}$ )	2.67	0.86	2.35	3.07	2.40	1.70
相对误差 (%)	1.50	0.48	1.31	1.54	1.19	0.86

### 3.11 方法适用性考察

为进一步考察本文所建立的分析方法适用性,选取 4 款本公司自产含叶酸的片剂保健食品产品(2 款多种维生素矿物质片(生命健牌、生命建伊人牌)、铁叶酸片、叶酸片)及 6 款市面上销量较高的含叶酸保健食品:复合维生素片、叶酸片、铁叶酸牌片、多种维生素矿物质营养包(粉剂)、全营养素冲剂、维生素营养补充颗粒,进行同时测定,并将测试结果与产品标签上的标示值进行比对。数据结果证明测试值均和标签上的理论添加量保持一致,相对误差不超过 4.5%。证明本分析方法在测定含叶酸的片剂、粉剂、颗粒剂等剂型的保健食品中能够有效的避免基质的干扰,具有较广的实际应用性。

## 3 结论

本文创新性采用弱碱性饱和 EDTA 溶液超声提取的样品前处理方式,结合 HPLC 仪器分离检测,解决了以多种维生素矿物质片为代表的复杂基质复合营养素补充剂中的叶酸含量测定的难题。简单可靠的前处理方式既能显著消除复杂基质中的矿物质元素及其他营养素的干扰,提高提取效率,又可以快速有效避免叶酸在前处理过程中的降解。相比于现行国标、中国药典中规定的法定检测方法,本文方法将更高效、快捷、且抗干扰能力显著提高,其适用于市售的各类含叶酸的片剂、粉剂、颗粒剂等复合营养素补充剂中的含量测定,为复杂基质体系中的营养素检测提供一条新的途径。

## 参考文献:

- [1] 李淑娟, 综述, 于冬梅, 等. 中国居民营养素补充剂使用状况研究进展[J]. 卫生研究, 2021, 50(1): 158-163.
- [2] 中国营养学会营养素补充剂使用科学共识工作组. 营养素补充剂使用科学共识[J]. 营养学报, 2018, 40(6): 521-525.
- [3] 石丹, 包怡红, 贾云虹, 等. 反向高效液相色谱法检测婴幼儿配方乳粉中叶酸的含量[J]. 食品工业科技, 2009, 30(03): 319-322.
- [4] 崔国萍, 黄宝钗, 杨薇. 微生物法与试剂盒法测定婴幼儿配方奶粉中叶酸含量的方法比较[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(13): 3487-3500.
- [5] 解鑫, 喻东威, 马文丽, 等. 利用不确定度比对乳粉中叶酸含量的快速检测方法[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(21): 7290-7294.
- [6] 姚瑛, 付晖, 李群, 等. 高效液相色谱法测定保健食品多维康胶囊中叶酸的含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(5): 1850-1854.
- [7] 邵丽华, 王莉. 粮食及果蔬中叶酸含量分析[J]. 食品科学, 2014, 35(24): 290-294.
- [8] 郭丽琼, 曹秋旭, 吴厚玖. 果蔬中叶酸分析方法研究的进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(10): 402-411.
- [9] 王博伦, 顺丰颖, 刘子毅, 等. 食品中叶酸测定方法的研究进展[J]. 食品科学, 2020, 41(09): 294-300.
- [10] 陈琼, 黄树楷, 黄盼, 等. 固相萃取-HPLC 柱后氧化衍生荧光法测定运动营养食品中叶酸的含量[J]. 食品工业科技, 2020, 41(19): 286-296.
- [11] 冀晔. 超高效液相色谱-串联质谱法测定运动饮品中的叶酸[J]. 食品工业科技, 2017, 38(24): 274-277.
- [12] 李伊宁, 黄昆仑, 姚志铁. 用于叶酸检测的荧光传感器构建及应用研究进展[J]. 食品科学, 2021, 42(09): 214-221.
- [13] 刘小军, 冯才伟, 冯静, 等. 一种叶酸的酶联免疫快速检测试剂盒的研制[J]. 食品工业科技, 2013, 34(23): 303-310.
- [14] 史方, 唐慧骥, 李传民, 等. 微生物法测定乳粉中叶酸的不确定度评定[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(3): 968-974.
- [15] 黄进丽, 杨祖伟, 陈叶兰, 等. 微生物法检测叶酸、生物素、维生素 B<sub>12</sub> 接种液制备方法的优化[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(1): 99-105.

- [16] 付婧超, 刘晓晖, 李井涛, 等. 2 种微生物试剂盒法快速检测乳粉中叶酸含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(6): 1486-1491.
- [17] 张娟, 严家俊, 吴风霞, 等. 食品中维生素 B<sub>12</sub>和叶酸微生物检测法的研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(24): 346-349.
- [18] 田浩, 王志伟, 顾文佳, 等. 微生物法快速测定食品中叶酸含量范围[J]. 食品工业科技, 2019, 40(01): 229-233.
- [19] 余文, 谢冠东, 陈怡文, 等. 试剂盒法快速检测婴幼儿乳粉中叶酸含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(18): 4808-4811.
- [20] CZARNOWSKA-KUJAWSKA M, GUJSKA E, MICHALAK J. Testing of different extraction procedures for folate HPLC determination in fresh fruits and vegetables[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2017, 57: 64-72.
- [21] 涂宏建, 陆伟, 贾福怀, 等. 涡旋振荡提取-高效液相色谱-紫外检测法测定铁叶酸片中的叶酸含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(9): 3721-3726.
- [22] 陆伟, 涂宏建, 王俊, 等. 高效液相色谱法测定保健食品-复合营养素补充剂中维生素 B<sub>1</sub>含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(18): 7376-7381.